

УДК: 582.25/27:57.083.13:004.658.2

Водоросли в базе данных мировых коллекций живых культур WDCM CCINFO

В.П.Комаристая, О.С.Горбулин, Т.В.Догадина

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина (Харьков, Украина)
botany.100.years@gmail.com*

Анализировали, как представлены водоросли в мировых коллекциях живых культур по базе данных WDCM CCINFO. Выявлены недостатки базы: имеются пустые, ошибочные и дублирующиеся записи, не все коллекции представлены в сводном каталоге. Текущая 6 версия базы содержит 2307 видов водорослей (около 5% известного природного разнообразия) и 142 внутривидовых таксона, живые культуры которых поддерживаются в 12 коллекциях; 293 культуры не определены до вида. Более половины культур в крупнейших мировых коллекциях являются уникальными и не дублируются в других коллекциях. Таксономическое разнообразие водорослей отражено в культуре неравномерно: слабо представлены Диатомовые, Бурые, Красные и Динофитовые водоросли; лучше всего представлены в культуре Зеленые водоросли. Предлагается учитывать данные аутоэкологии при выделении водорослей в культуру для расширения и обновления фондов коллекций.

Ключевые слова: водоросли, культивирование, базы данных, WDCM CCINFO.

Водорості в базі даних світових колекцій живих культур WDCM CCINFO

В.П.Комариста, О.С.Горбулін, Т.В.Догадіна

Аналізували, як представлені водорості у світових колекціях живих культур за базою даних WDCM CCINFO. Виявлено недоліки бази: наявні порожні, помилкові і повторні записи, не всі колекції представлені у зведеному каталозі. Поточна 6 версія бази містить 2307 видів водоростей (близько 5% відомого природного різноманіття) і 142 внутрішньовидових таксони, живі культури яких підтримуються в 12 колекціях; 293 культури не визначені до виду. Більше половини культур в найбільших світових колекціях є унікальними і не дублюються в інших колекціях. Таксономічне різноманіття водоростей відображено в культурі нерівномірно: слабко представлені Діатомові, Бурі, Червоні і Динофітові водорості; найкраще представлені в культурі Зелені водорості. Пропонується враховувати дані аутоекології при виділенні водоростей в культуру для розширення і оновлення фондів колекцій.

Ключові слова: водорості, культивування, бази даних, WDCM CCINFO.

Algae in the database of world collections of living cultures WDCM CCINFO

V.P.Komaristaya, O.S.Gorbulin, T.V.Dogadina

There was analyzed how algae are presented in world collections of living cultures according to CCINFO database. The shortcomings of CCINFO database were revealed: empty, false and duplicate records, not all collections presented in the consolidated directory. The current 6th version of the database contains 2307 species of algae (about 5% of the known natural diversity) and 142 intraspecific taxa, living cultures of which are supported in 12 collections; 293 cultures are not identified to species. More than half of the cultures in the world's largest collections are unique and not duplicated in the other collections. Taxonomic diversity of algae is reflected unevenly in the culture: Diatoms, Brown, Red and Dinophyta algae are poorly represented; Green algae are represented in the culture best. It is proposed to consider the autecology data when isolating algae into the culture to expand and upgrade the funds of the collections.

Key words: algae, cultivation, databases, WDCM CCINFO.

Введение

Водоросли – группа низших растений, обитающих преимущественно в водной среде. Многие виды водорослей служат модельными объектами экспериментальных исследований в области биохимии, физиологии и генетики растений (Соск, Соelho, 2011). Как древние фотосинтетики, водоросли являются объектом эволюционной биохимии (Hohmann-Marriott, Blankenship, 2011). Колоссальное биохимическое разнообразие водорослей, вместе с пластичностью обмена веществ и

относительной легкостью культивирования, обуславливают их высокий биотехнологический потенциал (Wijffels et al., 2013).

Для экспериментальной биологии и биотехнологии большое значение имеют коллекции живых культур. Их цель – обеспечивать доступность точно идентифицированного, свободного от посторонних микроорганизмов, жизнеспособного материала для исследований. Большинство крупных коллекций публикуют каталоги культур, в том числе – онлайн.

Задача настоящего сообщения – проанализировать, как представлены водоросли в мировых коллекциях культур по базе данных WDCM CCINFO – World Data Centre for Microorganisms, Culture Collections Information Worldwide (Sun et al., 2015). Подобный анализ был проведен для культур грибов (Vasilenko et al., 2011). Для водорослей аналогичные сведения в литературе отсутствуют.

Методика

Материалом для анализа послужил сводный список культур водорослей в коллекциях культур, которые предоставили информацию для базы WDCM CCINFO (2014).

Таксономическую аннотацию культивируемых видов водорослей проводили при помощи базы данных NCBI Taxonomy (NCBI Taxonomy Database) и уточняли по AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2015).

Результаты и обсуждение

Водоросли в базе данных WDCM CCINFO. Текущая (последнее обновление в 2014 году), 6-я, версия базы данных WDCM CCINFO содержит 714 коллекций различных культивируемых организмов и охватывает 72 страны. Эта самая обширная на настоящий момент сводная база данных коллекций культур, которая частично совпадает с другими аналогичными, но меньшими по объему, базами (например, STRAININFO (Dawyndt et al., 2005)) и включает как известные крупные коллекции, так и небольшие коллекции исследовательских и образовательных учреждений со всего мира. В базе зарегистрирована 41 коллекция, в названии которой упоминаются водоросли или цианобактерии. В частности, коллекция культур микроводорослей Гербария Харьковского университета (CWU-МАСС) также зарегистрирована в системе WDCM CCINFO как WDCM 886. Целый ряд присутствующих в базе коллекций разнообразных микроорганизмов также могут включать культуры водорослей, но, к сожалению, всего 12 коллекций (табл. 1) предоставили данные по водорослям для сводного каталога культур.

Каталог WDCM CCINFO по состоянию на ноябрь 2015 года содержит 3060 записей, отмеченных как водоросли. База данных курируется самостоятельно держателями коллекций и не лишена ошибок. Несколько записей (61) относятся к таксонам, которые не являются водорослями (бактерии, грибы, кинетопластиды, солнечники, фораминиферы, инфузории, жгутиконосцы, высшие водные растения). Ряд записей (117) оказались пустыми, то есть они не связывают название таксона с данными о коллекциях, в которых поддерживается соответствующая культура. Часть записей содержит ошибки в названиях таксонов и различия в формате представления (например, с указанием авторов видов и без него), из-за чего возникли дублирующиеся записи (243); часть из них являются пустыми (104). Таким образом, база данных WDCM CCINFO содержит 2743 недублирующихся записей, относящихся к водорослям, с указанием одной из 12 коллекций, в которой каждый таксон водорослей поддерживается.

Характеристика фондов коллекций культур водорослей в базе WDCM CCINFO. По данным каталога WDCM CCINFO, наибольшее число единиц хранения – в коллекциях UTEX, SAG и NIES, причем более половины культур имеются только в этих коллекциях и не дублируются в других (табл. 1). Вместе эти три коллекции охватывают 86% каталога культур. Процент уникальных единиц хранения в 12 коллекциях варьирует от 0 до почти 60%; в среднем, 53% культур представлены только в одной какой-либо коллекции (табл. 1).

Это говорит о большом значении коллекций культур, как источника материала для экспериментальных и прикладных исследований.

Остальные 47% культур дублируются в разных коллекциях (хотя могут быть представлены в них разными штаммами и изолятами). В 7 коллекциях из 12 присутствуют культуры, обозначенные *Chlorella* sp. и *Chlorella vulgaris*. В половине коллекций имеются *Chlorella ellipsoidea*, *Scenedesmus* sp., *Scenedesmus obliquus*, *Dunaliella salina*, *Anabaena* sp., *Microcystis aeruginosa*. То есть, наиболее распространенными и доступными для исследователей формами в культурном состоянии являются представители Зеленых и Синезеленых водорослей.

Таблица 1.

Фонды коллекций культур водорослей в базе WDCM CCINFO

№	Акроним коллекции	Полное название коллекции	Общее число единиц хранения	Число уникальных единиц хранения (% от общего числа)
1	UTEX	UTEX Culture Collection of Algae at the University of Texas at Austin, USA	1310	722 (55)
2	SAG	Sammlung von Algenkulturen der Universität Göttingen, Deutschland	1297	705 (54)
3	NIES	National Institute for Environmental Studies Culture Collection, Japan	635	375 (59)
4	CPCC(UTCC)	Canadian Phycological Culture Collection (University of Toronto Culture Collection of Algae and Cyanobacteria)	201	73 (36)
5	TISTR	Thailand Institute of Scientific and Technological Research Culture Collection	156	73 (46)
6	IPPAS	Institute of Plant Physiology, Russian Academy of Sciences, Culture Collection	125	49 (39)
7	BCCUSP	Brazilian Cyanobacteria Collection, University of Sao Paulo	25	14 (56)
8	CWU-MACC	Herbarium of Kharkov University (CWU) - MicroAlgae Cultures Collection, Ukraine	15	1 (7)
9	JCM	Japan Collection of Microorganisms, RIKEN BioResource Center	7	4 (57)
10	CCY	Culture Collection of Yeasts, Institute of Chemistry, Slovak Academy of Sciences	3	1 (33)
11	MZCH-SVCK	Microalgae and Zygnematophyceae Collection Hamburg, Universität Hamburg	3	0 (0)
12	CHULA	Department of Microbiology, Faculty of Science Chulalongkorn University Culture Collection, Thailand	3	0 (0)
Всего:			3780	2017 (53)

Мы предполагаем, что база WDCM CCINFO не полна, может содержать еще целый ряд неточностей, которые не представляется возможным выявить, кроме того, раз в несколько лет она обновляется. Тем не менее, коллекция UTEX известна как одна из крупнейших коллекций водорослей в мире (Starr, Zeikus, 1993), то есть база WDCM CCINFO достаточно обширна, чтобы по ней можно было сделать некоторые предварительные выводы об общих тенденциях в развитии культивирования водорослей.

Таксономическая идентификация водорослей в коллекциях культур. Результаты экспериментальных исследований представляют реальную научную ценность только в том случае, если их объект определен до вида. Подавляющее большинство записей в базе WDCM CCINFO отвечают этому требованию.

Три записи из 2742 содержат идентификацию объекта культивирования только до порядка, две – до семейства, 275 – до рода. Видовая принадлежность 10 записей вызывает сомнения: как *cf.* («похожий на») отмечены 7 видов, как *aff.* («близкий к») – 2 вида, как «?» – 1, как *cf.* также помечена одна разновидность (*var.*). Две культуры представляют собой межвидовые гибриды и обозначены *hybrid*. Два представителя обозначены как *complex* – разные их штаммы рассматриваются как неразличимые морфологически криптические виды, которые отличаются по молекулярно-генетическим маркерам (*Skeletonema marinoi-dohrnii complex*) (Ellegaard et al., 2008) и репродуктивно изолированы (*Closterium peracerosum-strigosum-littorale complex*) (Sekimoto et al., 1995).

Для остальных 2449 записей приведен вид, включая 142 внутривидовых таксона: 125 разновидностей (*var.*) и 16 форм (*f.*), а также одну форму одной разновидности. Шесть выделенных в культуру видов указаны как новые для науки (*sp. nov.*).

Без учета внутривидовой таксономии, мировые коллекции культур служат для исследователей источником живого материала 2307 видов водорослей. Таким образом, для экспериментальных исследований доступно всего порядка 5% известного в природе видового разнообразия водорослей (Guiry, 2012). Актуальными остаются задачи введения в культуру и точной идентификации большего числа известных видов водорослей.

Таблица 2.

Систематическая структура видового разнообразия водорослей, известных в культуре, по сравнению с мировой дикорастущей флорой водорослей

Ранг	Группа		Число видов в культуре		Примерное число описанных видов (кроме ископаемых) (Guiry, 2012)		Доля видов в культуре от известного числа видов, %	
1	Зеленые водоросли	Chlorophyta	1173	1404	8000	14000	14,7	10,0
		Streptophyta	231		6000		3,9	
2	Синезеленые водоросли	Cyanobacteria	319	319	5000	5000	6,4	6,4
3	Красные водоросли	Rhodophyta	113	118	7213	7228	1,6	1,6
		Glaucocystophyceae	5		15		33,3	
4	Желтозеленые водоросли	Xanthophyceae	70	104	500	600	14,0	17,3
		Eustigmatophyceae	17		35		48,6	
		Raphidophyceae	14		35		40,0	
		Chlorarachniophyceae	2		12		16,7	
		Schizocladiphyceae	1		1		100	
5	Эвгленовые водоросли	Euglenozoa	105	105	2000	2000	5,3	5,3
6	Золотистые водоросли	Chrysophyceae	21	88	431	1295	4,9	6,8
		Haptophyceae	37		510		7,3	
		Synurophyceae	16		252		6,3	
		Dictyochophyceae	5		51		9,8	
		Pelagophyceae	4		12		33,0	
		Phaeothamniophyceae	4		33		12,1	
		Pinguiphyceae	1		6		16,7	
7	Диатомовые водоросли	Bacillariophyta	61	61	12000	12000	0,5	0,5
8	Динофитовые водоросли	Dinophyceae	54	54	2000	2000	2,7	2,7
9	Криптофитовые водоросли	Cryptophyta	34	36	200	206	17,0	17,0
		Katablepharidophyta	2		6 (Clay, Kugrens, 1999)		33,0	
10	Бурые водоросли	Phaeophyceae	18	18	1792	1792	1,0	1,0
Всего:			2307		46121		5,0	

Систематическая структура живых культур водорослей в мировых коллекциях. Разные систематические группы водорослей существенно отличаются не только биохимически, но и

особенностями жизненного цикла и требованиями к условиям среды. Чтобы более полно использовать потенциал водорослей как объектов экспериментальных исследований и биотехнологии, желательно, чтобы в культуре поддерживались все систематические группы этих организмов. В данном разделе работы анализировали, насколько равномерно представлены в культуре разные таксоны водорослей.

Сравнение аннотированного списка видов с современными представлениями о систематической структуре мировой альгофлоры (Guiry, 2012) показало, что распространенность отдельных систематических групп в культуре не вполне соответствует их видовому богатству в природе (табл. 2).

Лучше всего представлены в культуре (около 17% от видового разнообразия) малочисленные группы Желтозеленые и Криптофитовые водоросли, что, скорее всего, связано не столько с большим числом видов, выделенных в культуру, сколько с малым объемом этих систематических групп (табл. 2).

В наименьшей степени в культуре представлены Диатомовые водоросли (всего 0,5%), несмотря на то, что эта группа, вместе с Зелеными водорослями, отличается наибольшим видовым разнообразием и доминирует в большинстве природных местообитаний водорослей (табл. 2). По-видимому, это связано со сложностью культивирования диатомовых водорослей, клетки которых не могут делиться вегетативно бесконечно долго, без полового процесса, из-за прогрессирующего уменьшения размеров панцирей (Chernikov et al., 2004).

Малочисленны в культуре и отделы водорослей, представленные в основном морскими макрофитами – Бурые (1%) и Красные (1,6%) (табл. 2). Очевидно, это также можно объяснить их достаточно сложным жизненным циклом (Charrier et al., 2015).

Большинство оставшихся отделов (Синезеленые, Эвгленовые, Золотистые) представлены в культуре на 5–7 %. Отклоняются от этих значений Зеленые водоросли (10,0%) и Динофитовые (2,7%) (табл. 2).

Относительно хорошая представленность в культуре видов Зеленых водорослей, по-видимому, связана с тем, что они встречаются повсеместно, способны к массовому развитию и не требовательны к составу питательной среды и условиям культивирования. Такие группы, как Эвгленовые, Золотистые и, в особенности, Динофитовые водоросли, очевидно, более требовательны к условиям культивирования, чем Зеленые водоросли. Данные по Синезеленым водорослям в коллекциях культур вполне могут оказаться заниженными, так как в некоторых коллекциях они могли быть аннотированы как бактерии (как, например, в коллекции NIES) и выпасть из поля зрения данного исследования.

Таблица 3.

Число видов с опубликованными данными по аутоэкологии

Группа	Число видов (внутривидовых таксонов)	Источник
Цианопроккариоты (Cyanophyta)	149 (149)	(Горбулин, 2014в)
Dinophyta	89 (93)	(Горбулин, 2011а)
Cryptophyta	51 (52)	(Горбулин, 2011б)
Chrysophyta	80 (81)	(Горбулин, 2013)
Xanthophyta	155 (156)	(Горбулин, 2012)
Euglenophyta	235 (303)	(Горбулин, 2014б)
Phytomonadina	88 (91)	(Gorbulin, 2012)
Ulotrichales, Cladophorales, Oedogoniales	64 (64)	(Горбулин, 2014а)
Desmidiaceae	236 (288)	(Горбулин, 2015)
Bacillariophyta	437 (512)	(Статья готовится к публикации в 2016 г.)
Всего	1117 (1277)	

Таким образом, представленность видового разнообразия водорослей в коллекциях культур весьма недостаточна. Значительное число видов природной флоры остается неизученным с точки зрения их потенциала в биотехнологии.

С другой стороны, существующий банк требует пополнения и обновления путем поиска и выделения в культуру как новых видов, так и обновления материала, длительное время (20–50 и более лет) содержащегося в виде лабораторных штаммов и в значительной степени отличающегося от исходного природного вида.

Для успешного поиска в природе необходимы данные о местообитаниях и условиях существования, то есть сведения по аутоэкологии конкретных видов: какие водоемы предпочитает вид, как часто и в какое время дает массовое развитие, какие условия необходимо создать в культуре, чтобы обеспечить выживание и успешное размножение выделенного в культуру объекта. Эти сведения могут быть найдены в ряде работ, в том числе представленных в табл. 3.

Число изученных с точки зрения аутоэкологии видов (табл. 3) сравнимо с числом видов, известных в культуре, следовательно, опубликованные данные могут внести свой вклад в существенное расширение и обновление коллекционных фондов.

Выводы

Настоящее сообщение содержит результаты предварительного анализа представленности водорослей в мировых коллекциях культур и базах данных. Для более детального исследования требуется дополнительно привлечь каталоги, размещенные на собственных сайтах коллекций. Чтобы определить, насколько отражено в культуре внутривидовое разнообразие водорослей в природе, необходим анализ разнообразия штаммов и изолятов по базе STRAININFO (Dawyndt et al., 2005). Базы NCBI и KEGG могут дать представление о роли культур водорослей в молекулярно-генетических и биохимических исследованиях.

Тем не менее, на основании проведенного анализа можно сделать некоторые предварительные выводы:

1. Крупнейшая база данных коллекций культур WDCM CCINFO не имеет штатного куратора; представленная в ней информация может содержать пропуски, дублирующиеся записи и ошибки, что необходимо принимать во внимание при работе с этой базой.

2. Более половины фондов крупнейших мировых коллекций культур водорослей являются уникальными и не дублируются в других коллекциях.

3. Природное видовое разнообразие водорослей представлено в культуре недостаточно полно, особенно это касается таких систематических групп, как Диатомовые, Бурые, Красные и Динофитовые водоросли.

4. Остаются актуальными задачи пополнения и обновления фондов коллекций живых культур водорослей, а также точной видовой идентификации объектов культивирования.

5. Для более успешного поиска и введения в культуру водорослей предлагается использовать опубликованные данные по их аутоэкологии.

Список литературы

Горбулин О.С. Эколого-биологические характеристики Cryptophyta флоры Украины // Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. Серія: Біологія. – 2011б. – №13. – С. 47–56. /Gorbulin O.S. Ekologo-biologicheskiiye kharakteristiki Cryptophyta flory Ukrainy // Visnyk Kharkivs'kogo natsional'nogo universytetu imeni V.N.Karazina. Seriya: Biologiya. – 2011b. – №13. – S. 47–56./

Горбулин О.С. Эколого-биологические характеристики представителей Ulotrichales, Oedogoniales, Cladophorales континентальных водоемов Украины // Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. Серія: Біологія. – 2014а. – №20. – С. 242–249. /Gorbulin O.S. Ekologo-biologicheskiiye kharakteristiki predstaviteley Ulotrichales, Oedogoniales, Cladophorales kontinental'nykh vodoyemov Ukrainy // Visnyk Kharkivs'kogo natsional'nogo universytetu imeni V.N. Karazina. Seriya: Biologiya. – 2014a. – №20. – S. 242–249./

Горбулин О.С. Эколого-биологическая характеристика Chrysophyta континентальных водоёмов Украины // Гидробиологический журнал. – 2013. – Т.49, №3. – С. 3–12. /Gorbulin O.S. Ekologo-biologicheskaya kharakteristika Chrysophyta kontinental'nykh vodoyemov Ukrainy // Gidrobiologicheskiiy zhurnal. – 2013. – T.49, №3. – S. 3–12./

Горбулин О.С. Эколого-биологические характеристики Xanthophyta континентальных водоемов Украины // Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. Серія: Біологія. – 2012. – №15. – С. 50–66. /Gorbulin O.S. Ekologo-biologicheskiiye kharakteristiki Xanthophyta kontinental'nykh vodoyemov Ukrainy // Visnyk Kharkivs'kogo natsional'nogo universytetu imeni V.N.Karazina. Seriya: Biologiya. – 2012. – №15. – S. 50–66./

- Горбулін О.С. Эколого-биологические характеристики Dinophyta флоры континентальных водоемов Украины // Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. Серія: Біологія. – 2011а. – №14. – С. 43–58. /Gorbulin O.S. Ekologo-biologicheskije kharakteristiki Dinophyta flory kontinental'nykh vodoyemov Ukrainy // Visnyk Kharkivs'kogo natsional'nogo universytetu imeni V.N. Karazina. Seriya: Biologiya. – 2011a. – №14. – S. 43–58./
- Горбулін О.С. Видовое разнообразие и аутоэкология Euglenophyta континентальных водоемов Украины // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2014б. – Т.8, №3. – С. 4–44. /Gorbulin O.S. Vidovoye raznoobrazie i autekologiya Euglenophyta kontinental'nykh vodoyemov Ukrainy // Fitoraznoobrazie Vostochnoy Yevropy. – 2014b. – Т.8, №3. – S. 4–44./
- Горбулін О.С. Эколого-биологические характеристики Cyanoprokaryota (Cyanophyta) континентальных водоемов Украины // Альгология. – 2014в. – Т.24, №2.– С. 163–181. /Gorbulin O.S. Ekologo-biologicheskije kharakteristiki Cyanoprokaryota (Cyanophyta) kontinental'nykh vodoyemov Ukrainy // Al'gologiya. – 2014v. – Т.24, №2.– S. 163–181./
- Charrier B., Rolland E., Gupta V., Reddy C.R.K. Production of genetically and developmentally modified seaweeds: exploiting the potential of artificial selection techniques // *Frontiers in Plant Science*. – 2015. – Vol.6, Article 127. (<http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2015.00127>)
- Chepurnov V.A., Mann D.G., Sabbe K., Vyverman W. Experimental studies on sexual reproduction in diatoms // *International review of cytology*. – 2004. – Vol.237. – P. 91–154.
- Clay B., Kugrens P. Systematics of the enigmatic kathablepharids, including EM characterization of the type species, *Kathablepharis phoenikoston*, and new observations on *K. remigera* comb. nov // *Protist*. – 1999. – Vol.150, №1. – P. 43–59.
- Cock J.M., Coelho S.M. Algal models in plant biology // *Journal of Experimental Botany*. – 2011. – Vol.62, №8. – P. 2425–2430.
- Dawyndt P., Vancanneyt M., De Meyer H., Swings J. Knowledge accumulation and resolution of data inconsistencies during the integration of microbial information sources // *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. – 2005. – Vol.17, №8. – P. 1111–1126.
- Ellegaard M., Godhe A., Härnström K., McQuoid M. The species concept in a marine diatom: LSU rDNA-based phylogenetic differentiation in *Skeletonema marinoi/dohrnii* (Bacillariophyceae) is not reflected in morphology // *Phycologia*. – 2008. – Vol.47, №2. – P. 156–167.
- Gorbulin O.S. Ecological and biological characteristics of the green flagellates (Phytomonadina) of the continental waters of Ukraine // *The Journal of V.N.Karazin Kharkov National University. Series "Biology"*. 2012. – №1035. – Iss.16. – P. 63–76.
- Guiry M.D. How many species of algae are there? // *Journal of Phycology*. – 2012. – Vol.48, №5. – P. 1057–1063.
- Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication. – National University of Ireland, Galway, 2015. (<http://www.algaebase.org>)
- Hohmann-Marriott M.F., Blankenship R.E. Evolution of photosynthesis // *Annual review of plant biology*. – 2011. – Vol.62. – P. 515–548.
- KEGG. Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (www.genome.jp/kegg/)
- NCBI. National Centre for Biotechnology Information (www.ncbi.nlm.nih.gov)
- NCBI Taxonomy database (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy>)
- Sekimoto H., Sone Y., Fujii T. Biochemical, physiological, and molecular analysis of sexual isolation in the species complex *Closterium peracerosum-strigosum-littorale* (Chlorophyta) // *Journal of Phycology*. – 1995. – Vol.31, №4. – P. 611–615.
- Starr R.C., Zeikus J.A. UTEX – the culture collection of algae at the University of Texas at Austin 1993 list of cultures // *Journal of Phycology*. – 1993. – Vol.29, №2. – P. 1–106.
- Sun Q., Liu L., Wu, L. et al. Web resources for microbial data // *Genomics, proteomics & bioinformatics*. – 2015. – Vol.13, №1. – P. 69–72.
- Vasilenko A., Ozerskaya S., Stupar O. Current WFCC CC catalogues as a starting ground for networking efforts // *WFCC Newsletter*. – 2011. – №50. – P. 5–15.
- WDCM CCINFO. World Data Centre for Microorganisms, Culture Collections Information Worldwide. – 2014. (<http://www.wfcc.info/ccinfo/>)
- Wijffels R.H., Kruse O., Hellingwerf K.J. Potential of industrial biotechnology with cyanobacteria and eukaryotic microalgae // *Current Opinion in Biotechnology*. – 2013. – Vol.24, №3. – P. 405–413.

Представлено: О.М.Рудась / Presented by: O.M.Rudas'

Рецензент: Л.І.Воробйова / Reviewer: L.I.Vorobyova

Подано до редакції / Received: 30.07.2015